QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO MEARIM EM BACABAL-MA: UMA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA

Olivar Aguiar Cavalcante Júnior [1]; Thiago Gomes Lisboa [1]; Thiago de Morais Chaves [1]; Karla Cristina Amorim Pereira [1]; Thiago Oliveira Araújo [1]; Raissa Azevedo Mendonça [1]; Dandara Figueredo Lima [2]; Alamgir Khan [3]; Raquel Maria Trindade Fernandes [4]

RESUMO – Este estudo avaliou a qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais do rio Mearim em Bacabal-MA durante o período chuvoso. Foram coletadas amostras em sete pontos ao longo do curso do rio. As análises físico-químicas mediram pH, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos totais dissolvidos, salinidade, turbidez, dureza, cloretos, alcalinidade e CO_2 livre. A detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizada pelo método COLITAG. Os resultados físico-químicos atenderam aos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 e da Portaria GM/MS nº 888/2021, caracterizando a água como bem oxigenada, doce, mole e com turbidez controlada. No entanto, todas as amostras apresentaram coliformes totais e *E. coli*, evidenciando contaminação fecal generalizada. A presença de *E. coli* indica risco sanitário grave, associado a doenças de veiculação hídrica. Conclui-se que, embora a qualidade físico-química seja adequada, a água é imprópria para consumo humano sem tratamento. Recomenda-se uma nova coleta no período de estiagem para avaliar a sazonalidade e subsidiar ações de gestão e conservação dos recursos hídricos.

ABSTRACT– This study evaluated the physicochemical and microbiological quality of surface waters of the Mearim River in Bacabal-MA during the rainy season. Samples were collected at seven points along the river course. Physicochemical analyses measured pH, dissolved oxygen, conductivity, total dissolved solids, salinity, turbidity, hardness, chlorides, alkalinity, and free CO_2. Detection of total coliforms and *Escherichia coli* was performed using the COLITAG method. The physicochemical results complied with the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005 and GM/MS Ordinance No. 888/2021, characterizing the water as well-oxygenated, freshwater, soft, and with controlled turbidity. However, all samples tested positive for total coliforms and *E. coli*, evidencing widespread fecal contamination. The presence of *E. coli* indicates a serious health risk, associated with waterborne diseases. It is concluded that, although the physicochemical quality is adequate, the water is unfit for human consumption without treatment. A new sampling campaign during the dry season is recommended to assess seasonality and support water resource management and conservation actions.

Palavras-Chave – Qualidade da água; Escherichia coli.

[1]) Graduando(a) em Química Licenciatura na Universidade estadual do Maranhão – UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Jardim São Cristóvão, CEP 65.055-310, São Luís/MA, (98) 2016-8100, ouvidoria@uema.br

[2]) Mestrando(a) do Programa Profissionalizante em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Profágua) na Universidade estadual do Maranhão – UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Jardim São Cristóvão, CEP 65.055-310, São Luís/MA, (98) 2016-8100, ouvidoria@uema.br

[3]) Professor Dr. No Departamento de Química na Universidade estadual do Maranhão – UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Jardim São Cristóvão, CEP 65.055-310, São Luís/MA, (98) 2016-8100, alamgir@cecen.uema.br

[4]) Professora Dra. No Departamento de Química na Universidade estadual do Maranhão – UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Jardim São Cristóvão, CEP 65.055-310, São Luís/MA, (98) 2016-8100, raquelfernandes@professor.uema.br

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água em rios tropicais é influenciada pelo regime pluviométrico e pelas atividades antrópicas nas bacias hidrográficas. Durante o período chuvoso, o aumento da vazão pode promover diluição de poluentes, mas também carrear sedimentos, nutrientes e microrganismos patogênicos das áreas urbanas e rurais por escoamento superficial (Esteves, 2011). O monitoramento integrado de parâmetros físico-químicos e microbiológicos é fundamental para avaliar a aptidão da água para diferentes usos, como abastecimento público, recreação e proteção da biota aquática, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Portaria GM/MS nº 888/2021.

O rio Mearim é o maior curso d'água exclusivamente maranhense, com bacia que abrange 83 municípios e cerca de 1,68 milhão de habitantes (IBGE, 2023). O município de Bacabal (>100 mil habitantes) localiza-se às margens do mesmo e utiliza-o como principal fonte de abastecimento público. No entanto, a ocupação urbana desordenada e a deficiência de saneamento básico representam ameaças potenciais à qualidade da água, com risco de contaminação fecal (Quaresma *et al.*, 2024).

Este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais do rio Mearim em Bacabal-MA durante o período chuvoso, gerando dados de referência para subsidiar ações de gestão e conservação dos recursos hídricos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de amostras foi realizada durante o período de chuvas (cheia). Foram estabelecidos sete pontos de coleta ao longo do curso do rio: P1 (montante, em área rural de referência), P2 a P6 (trecho urbano, incluindo locais próximos a lançamentos de esgoto, matadouro municipal e bairros com saneamento precário) e P7 (jusante, no povoado Sapucaíba). Em cada ponto, foram coletadas três amostras na subsuperfície da água (margem esquerda, direita e centro), utilizando frascos higienizados e acondicionadas em caixa térmica refrigerada para posterior análise laboratorial.

Para as análises físico-químicas no local, foi utilizado um medidor multiparâmetro AKSO AK88V2, que permitiu a medição direta de pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, sólidos totais dissolvidos (TDS) e salinidade. A turbidez foi determinada em laboratório utilizando um turbidímetro AKSO TU430. Para os parâmetros de dureza total, cloretos, alcalinidade total e gás carbônico livre, seguiu-se a metodologia titulométrica descrita no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013), com todas as determinações realizadas em triplicata. Os resultados foram comparados aos valores máximos

permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de Classe II e pelo padrão de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021.

As análises microbiológicas se dão na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*, que foi realizada pelo método cromogênico enzimático COLITAG. Para cada ponto amostral, 100 mL de água foram transferidos para frasco estéril, adicionou-se um pacote do reagente, e as amostras foram homogeneizadas e incubadas a 35°C por 24 horas. A presença de coliformes totais foi identificada pela mudança de coloração do meio para amarelo, enquanto a detecção de *E. coli* foi feita pela observação de fluorescência sob luz ultravioleta (365 nm). O resultado foi expresso qualitativamente (presença ou ausência).

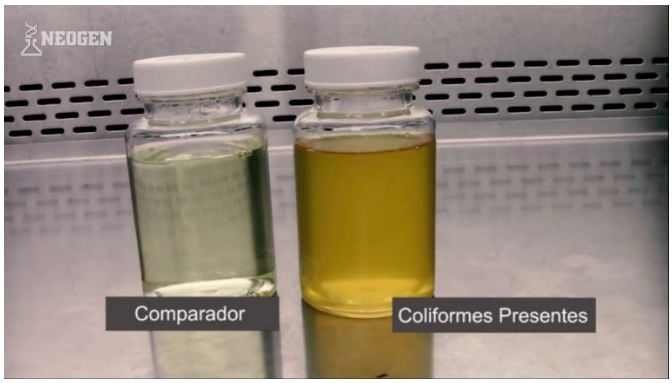


Figura 1- Análise qualitativa de coliformes totais (fonte: google imagens)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados médios das análises físico-químicas nos sete pontos amostrais.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	VMP
pH	6,68	6,86	6,97	6,88	6,90	6,83	6,88	6,0-9,0
Temperatura (ºC)	23,7	24,7	24,3	25,0	24,5	24,2	24,3	NE
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,7	9,0	8,2	8,2	8,5	9,2	8,27	≥ 5,0
Condutividade	105,0	100,8	102,9	102,1	97,7	99,6	101,3	NE
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	52,5	50,3	51,6	51,4	48,8	49,7	50,5	≤ 500
Salinidade	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	≤ 0,5
Turbidez (NTU)	84,3	66,8	64,7	36,1	37,5	39,5	34,2	≤ 100
Dureza (mg/L $CaCO_3$)	28,0	28,0	28,4	29,3	29,3	28,0	28,4	NE
Cloretos (mg/L Cl^-)	0,012	0,012	0,010	0,012	0,012	0,012	0,014	≤ 250
Alcalinidade	6,9	6,2	5,3	5,3	4,5	5,3	5,3	NE
CO_2 livre (mg/L)	1,3	1,7	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	NE

VP – Valor máximo permitido

NE – Valor de referência nâo especificado

Fonte - Autor

Os valores de pH (6,68–7,16) e oxigênio dissolvido (7,7–9,2 mg/L) mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos (6,0–9,0 e ≥ 5,0 mg/L, respectivamente), indicando boas condições de oxigenação e ausência de acidificação. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos foram baixos e homogêneos, caracterizando águas pouco mineralizadas, com TDS muito abaixo do limite de 500 mg/L. A salinidade (0,04–0,05ppt) e os cloretos (0,010–0,014 mg/L) confirmaram o caráter dulcícola e a ausência de contaminação salina ou de esgotos cloretados. A turbidez apresentou gradiente decrescente do P1 (84,3 NTU) para P7 (34,2 NTU), sempre abaixo do limite de 100 NTU. A dureza (28,0–29,3 mg/L $CaCO_3$) classificou a água como mole, enquanto a baixa alcalinidade (4,5–6,9 mg/L) revela fraca capacidade tamponante, tornando o sistema sensível a variações bruscas de pH. O gás carbônico livre (1,3–2,0 mg/L) mostrou-se baixo e uniforme. Em síntese, todos os parâmetros físico-químicos atenderam aos valores máximos permitidos pela legislação, demonstrando que, sob esse aspecto, o rio Mearim apresenta boa qualidade durante a cheia, sendo bem oxigenado, pouco mineralizado, doce, mole e com turbidez controlada – um quadro típico de rio tropical com baixa interferência industrial, ainda que sujeito a pressões antrópicas difusas (Bezerra *et al.*, 2026).

Todas as amostras analisadas apresentaram mudança de coloração do meio para amarelo após 24 horas de incubação, indicando a presença de coliformes totais em todos dos pontos. Os coliformes totais são um grupo de bactérias e sua detecção é amplamente utilizada como indicador de condições higiênicas da água. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a água potável deve apresentar ausência desses microrganismos. A presença generalizada de coliformes totais ao longo de todo o trecho estudado revela um quadro de comprometimento sanitário do rio Mearim durante o período chuvoso. Esse resultado pode ser atribuído ao escoamento superficial de áreas rurais e urbanas, que transporta matéria orgânica e microrganismos provenientes de fezes animais, fossas inadequadas e lançamentos de efluentes domésticos. Estudos em rios brasileiros sob influência antrópica demonstram padrão semelhante (Quaresma *et al.*, 2024).

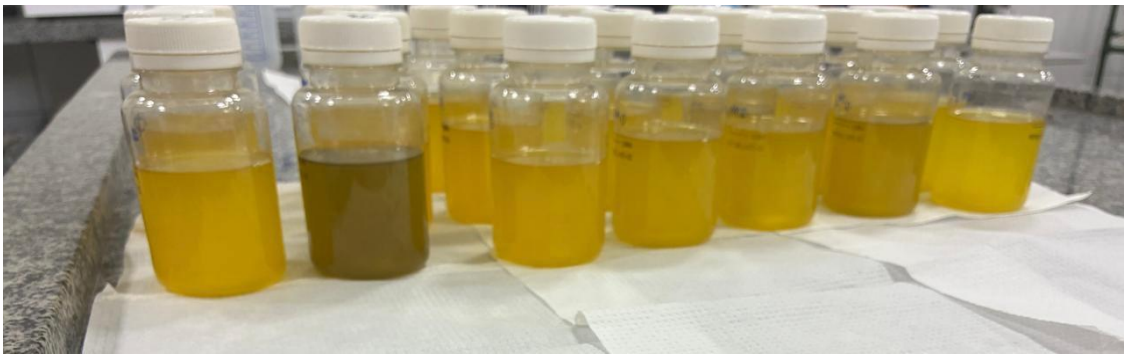


Figura 2 – Análise de coliformes totais (fonte: autor)

A detecção de *Escherichia coli* foi confirmada pela observação de fluorescência sob luz ultravioleta (365 nm) em todas as amostras, como ilustrado na Figura 3. *E. coli* é uma bactéria do grupo dos coliformes fecais e constitui o indicador mais específico de contaminação fecal recente, pois sua presença está diretamente associada ao aporte de material fecal de animais homeotérmicos (incluindo humanos). O padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde exige ausência absoluta de *E. coli* em água para consumo humano. A presença de *E. coli* representa um risco sanitário grave, pois sua detecção frequentemente está associada à possível ocorrência de patógenos responsáveis por doenças de veiculação hídrica, como as infecções intestinais (Campos e Dória, 2024). A população ribeirinha que utiliza a água do rio Mearim para consumo direto, recreação ou atividades domésticas está, portanto, exposta a elevado risco à saúde.

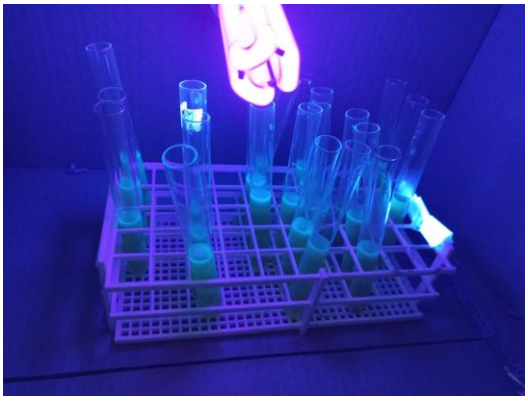


Figura 3 – Análise de *E. coli* (fonte: autor)

Os resultados revelam um contraste importante: a água do rio Mearim em Bacabal apresenta boa qualidade físico-química, mas é microbiologicamente contaminada. Essa situação é comum em rios que recebem cargas de esgoto doméstico, mas que mantêm boa oxigenação e pH neutro devido à diluição da cheia. A água é imprópria para consumo humano sem tratamento, representando risco elevado de doenças de veiculação hídrica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros físico-químicos avaliados atenderam a todos os valores máximos permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria GM/MS nº 888/2021, caracterizando a água do rio Mearim em Bacabal durante o período chuvoso como bem oxigenada, de baixa mineralização, mole, com cloretos insignificantes e classificada como doce. No entanto, as análises microbiológicas pelo método COLITAG detectaram coliformes totais e *Escherichia coli* em 100% das amostras, evidenciando contaminação fecal generalizada em toda a extensão estudada. Dessa forma, a água é imprópria para consumo humano sem tratamento prévio, como diz a Portaria GM/MS

nº 888/2021, representando risco elevado de doenças de veiculação hídrica.

A presença de contaminação microbiológica em todos os pontos evidencia a necessidade de monitoramento contínuo. Nesse sentido, propõe-se a realização de uma nova coleta amostral no período de estiagem, quando a redução do fluxo hídrico pode acentuar os efeitos das fontes pontuais de poluição, permitindo avaliar a sazonalidade dos parâmetros e subsidiar ações de gestão mais eficazes ao longo de todo o ano hidrológico.

5 REFERÊNCIAS

BEZERRA, M. E. C.; SANTOS, L. A. dos; LIMA, R. de O.; SINFRÔNIO, F. S. M.; SANTOS, J. P. T. da S. (2026). *"Diagnóstico da qualidade da água do Rio Pericumã (Maranhão, Brasil) com base em parâmetros físico-químicos"*. Revista Ambientale, 18(1), pp. 171 – 185.

BRASIL. (2005). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União.

BRASIL. (2021). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União.

CAMPOS, N. R.; DÓRIA, K. M. A. B. V. S. (2024). *"Análise temporal de coliformes fecais no Parque Natural Municipal do Rio Juqueriquerê - Caraguatatuba/SP"*. UNISANTA Bioscience, 13(4), pp. 278 – 283.

ESTEVES, F. A. (2011). *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). (2013). *Manual prático de análise de água*. 4. ed. Brasília: Funasa.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2023). Censo demográfico 2022: primeiros resultados – população e domicílios. Rio de Janeiro: IBGE.

QUARESMA, T. J. C.; VALENTIM, L. de A.; QUARESMA, T. C.; MOURA, Q. L. de; OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B. (2024). *"Impactos do processo de urbanização na qualidade de água no Brasil: uma revisão sistemática"*. Revista DELOS, 17(60), e2040.